



# UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

2828  
JFW  
UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE  
United States Patent and Trademark Office  
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450  
www.uspto.gov

| APPLICATION NO. | FILING DATE | FIRST NAMED INVENTOR | ATTORNEY DOCKET NO. | CONFIRMATION NO. |
|-----------------|-------------|----------------------|---------------------|------------------|
|-----------------|-------------|----------------------|---------------------|------------------|

08/973,424

08/11/2003

Nobuaki Iehisa

392.1530

7835

7590

06/02/2005

Staas & Halsey  
700 Eleventh Street NW  
Washington, DC 20001

EXAMINER

NGUYEN, PHILLIP

ART UNIT

PAPER NUMBER

2828

DATE MAILED: 06/02/2005

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

RECEIVED  
JUN 10 2005  
OIFE/JCWS

# Office Action Summary

Application No.

08/973,424

Applicant(s)

IEHISA ET AL.

Examiner

Phillip Nguyen

Art Unit

2828

-- The MAILING DATE of this communication appears on the cover sheet with the correspondence address --

## Period for Reply

A SHORTENED STATUTORY PERIOD FOR REPLY IS SET TO EXPIRE 3 MONTH(S) FROM THE MAILING DATE OF THIS COMMUNICATION.

- Extensions of time may be available under the provisions of 37 CFR 1.136(a). In no event, however, may a reply be timely filed after SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- If the period for reply specified above is less than thirty (30) days, a reply within the statutory minimum of thirty (30) days will be considered timely.
- If NO period for reply is specified above, the maximum statutory period will apply and will expire SIX (6) MONTHS from the mailing date of this communication.
- Failure to reply within the set or extended period for reply will, by statute, cause the application to become ABANDONED (35 U.S.C. § 133). Any reply received by the Office later than three months after the mailing date of this communication, even if timely filed, may reduce any earned patent term adjustment. See 37 CFR 1.704(b).

## Status

- 1) ☐ Responsive to communication(s) filed on \_\_\_\_.
- 2a) ☐ This action is **FINAL**. 2b) ☒ This action is non-final.
- 3) ☐ Since this application is in condition for allowance except for formal matters, prosecution as to the merits is closed in accordance with the practice under *Ex parte Quayle*, 1935 C.D. 11, 453 O.G. 213.

## Disposition of Claims

- 4) ☒ Claim(s) 1-10 is/are pending in the application.
- 4a) Of the above claim(s) \_\_\_\_ is/are withdrawn from consideration.
- 5) ☐ Claim(s) \_\_\_\_ is/are allowed.
- 6) ☒ Claim(s) 1-10 is/are rejected.
- 7) ☐ Claim(s) \_\_\_\_ is/are objected to.
- 8) ☐ Claim(s) \_\_\_\_ are subject to restriction and/or election requirement.

## Application Papers

- 9) ☐ The specification is objected to by the Examiner.
- 10) ☐ The drawing(s) filed on \_\_\_\_ is/are: a) ☐ accepted or b) ☐ objected to by the Examiner.  
Applicant may not request that any objection to the drawing(s) be held in abeyance. See 37 CFR 1.85(a).  
Replacement drawing sheet(s) including the correction is required if the drawing(s) is objected to. See 37 CFR 1.121(d).
- 11) ☐ The oath or declaration is objected to by the Examiner. Note the attached Office Action or form PTO-152.

## Priority under 35 U.S.C. § 119

- 12) ☐ Acknowledgment is made of a claim for foreign priority under 35 U.S.C. § 119(a)-(d) or (f).
- a) ☐ All b) ☐ Some \* c) ☐ None of:
- ☐ Certified copies of the priority documents have been received.
  - ☐ Certified copies of the priority documents have been received in Application No. \_\_\_\_.
  - ☐ Copies of the certified copies of the priority documents have been received in this National Stage application from the International Bureau (PCT Rule 17.2(a)).
- \* See the attached detailed Office action for a list of the certified copies not received.

## Attachment(s)

- ☒ Notice of References Cited (PTO-892)
- ☐ Notice of Draftperson's Patent Drawing Review (PTO-948)
- ☒ Information Disclosure Statement(s) (PTO-1449 or PTO/SB/08)  
Paper No(s)/Mail Date 8/11/03.
- ☐ Interview Summary (PTO-413)  
Paper No(s)/Mail Date. \_\_\_\_.
- ☐ Notice of Informal Patent Application (PTO-152)
- ☐ Other: \_\_\_\_.

## DETAILED ACTION

### *Drawings*

1. The drawing set of this application is missing. Applicant is required to submit a drawing set. For examination purposes, the drawings in PCT is temporarily using in this Office Action.

### *Claim Rejections - 35 USC § 112*

2. The following is a quotation of the second paragraph of 35 U.S.C. 112:

The specification shall conclude with one or more claims particularly pointing out and distinctly claiming the subject matter which the applicant regards as his invention.

Claims 1-10 are rejected under 35 U.S.C. 112, second paragraph, as being indefinite for failing to particularly point out and distinctly claim the subject matter which applicant regards as the invention.

Claims 1, 4, and 7 recite "a bending mirror" which is incorrect and should be rewritten such as --a spherical mirror-- or "a convex mirror-- since the mirror has a curved surface and a flat surface which are not bending or "bent".

Claims 3, 6 and 9 recite "said second section" which is lack of antecedence basis.

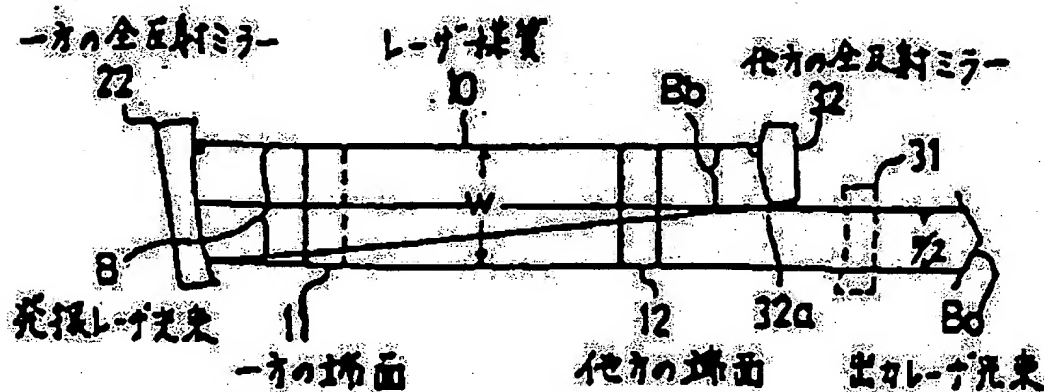
**Claim Rejections - 35 USC § 102**

3. The following is a quotation of the appropriate paragraphs of 35 U.S.C. 102 that form the basis for the rejections under this section made in this Office action:

A person shall be entitled to a patent unless –

(b) the invention was patented or described in a printed publication in this or a foreign country or in public use or on sale in this country, more than one year prior to the date of application for patent in the United States.

【図 6】



Claims 1-9 are rejected under 35 U.S.C. 102(b) as being clearly anticipated by Iwasaki et al. (JP Publication Number 04-259275).

With respect to claims 1, 4, and 7, Iwasaki discloses in Fig. 6 (above) a solid-state laser device comprising a slab type laser medium 10 for generating a laser beam by laser pumping; and an optical resonator for resonating the laser beam generated by said slab type laser medium, said optical resonator having “a bending mirror” 22 disposed close to one end face of said slab

Art Unit: 2828

type laser medium in a longitudinal direction thereof, and partial and total reflection mirrors 31 and 32 obliquely disposed adjacent to each other and close to the end face of said slab type laser medium, said "bending mirror", said partial reflection mirror and said total reflection mirror being arranged so that an optical path is obliquely formed between said partial and total reflection mirrors via said "bending mirror" with a longitudinal axis of said slab type laser medium situated therebetween, in a first section along an extending direction of a pair of opposite sides 11 and 12 of a rectangular section perpendicular to said longitudinal axis and said optical path formed in said optical resonator occupies at least 50% part of said slab type laser medium, to let laser beam out of said optical resonator through said partial reflection mirror (see abstract).

With respect to claims 2-3, 5-6, and 8-9, Iwasaki discloses in Fig. 8 said laser beam repeatedly undergoes total reflections in said laser medium, and the optical path zigzags in a second section perpendicular to the first section and both end faces of the laser medium are inclined at an angle approximately satisfying Brewster's condition in "said second section".

### ***Claim Rejections - 35 USC § 103***

4. The following is a quotation of 35 U.S.C. 103(a) which forms the basis for all obviousness rejections set forth in this Office action:

(a) A patent may not be obtained though the invention is not identically disclosed or described as set forth in section 102 of this title, if the differences between the subject matter sought to be patented and the prior art are such that the subject matter as a whole would have been obvious at the time the invention was made to a person having ordinary skill in the art to which said subject matter pertains. Patentability shall not be negated by the manner in which the invention was made.

Art Unit: 2828

Claim 10 is rejected under 35 U.S.C. 103(a) as being unpatentable over Iwasaki et al. (JP Publication Number 04-259275) in view of Baumert et al. ('631). Iwasaki discloses the claimed invention except for the gain medium being made of Nd:YAG. Baumert discloses an intracavity laser apparatus in Fig. 1 and 4 includes at least a "bending mirror" and a laser gain medium made of Nd:YAG except for the total and partial mirrors formed as disclosed in the claim 1. For the improvement of the laser device, it would have been obvious to the one having ordinary skill in the art at the time the invention was made to provide the laser medium being made of Nd:YAG because it is well known in the art to use such material for gain medium in the intracavity apparatus.

*Citation of Pertinent References*

5. The prior art made of record and not relied upon is considered pertinent to applicant's disclosure.

The patent to Baumert et al. discloses Wide Tolerance Modulated Blue Laser Source, U.S. Patent No. 4791631

The Patent Application Publication to IWASAKI et al. discloses Slab Type Solid State Laser Device, Japan Pub No. 04-259275

Art Unit: 2828

*Communication Information*

6. Any inquiry concerning this communication or earlier communications from the examiner should be directed to Phillip Nguyen whose telephone number is 571-272-1947. The examiner can normally be reached on 9:00 AM - 6:00 PM.

If attempts to reach the examiner by telephone are unsuccessful, the examiner's supervisor, MINSUN HARVEY, can be reached on 571-272-1835. The fax phone number for the organization where this application or proceeding is assigned is 703-872-9306.

Information regarding the status of an application may be obtained from the Patent Application Information Retrieval (PAIR) system. Status information for published applications may be obtained from either Private PAIR or Public PAIR. Status information for unpublished applications is available through Private PAIR only. For more information about the PAIR system, see <http://pair-direct.uspto.gov>. Should you have questions on access to the Private PAIR system, contact the Electronic Business Center (EBC) at 866-217-9197 (toll-free).

pn

AU 2828



MINSUN CH HARVEY  
PRIMARY EXAMINER

08/973424

PTO Form PET/PTO 11 AUG 2003

Sheet 1 of 1

|  |  |  |                               |
|--|--|--|-------------------------------|
| FORM PTO-1449  | U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE<br>PATENT AND TRADEMARK OFFICE | ATTORNEY DOCKET NO.<br>392.1530                | APPLICATION NO.<br>08/973,424 |
| LIST OF REFERENCES CITED BY APPLICANT<br><br>(Use several sheets if necessary) |  | FIRST NAMED INVENTOR<br>Nobuaki IEHISA, et al. |                               |
|  |  | FILING DATE<br>December 8, 1997                | GROUP ART UNIT<br>2828        |

## U.S. PATENT DOCUMENTS


| *EXAMINER<br>INITIAL |    | DOCUMENT<br>NO. | DATE | NAME | CLASS | SUB-<br>CLASS | FILING<br>DATE |
|----------------------|----|-----------------|------|------|-------|---------------|----------------|
|                      | AA |                 |      |      |       |               |                |
|                      | AB |                 |      |      |       |               |                |
|                      | AC |                 |      |      |       |               |                |
|                      | AD |                 |      |      |       |               |                |
|                      | AE |                 |      |      |       |               |                |
|                      | AF |                 |      |      |       |               |                |

## FOREIGN PATENT DOCUMENTS

|    |    | DOCUMENT<br>NO. | DATE    | COUNTRY | CLASS | SUB-<br>CLASS | TRANSLATION<br>YES NO |  |
|----|----|-----------------|---------|---------|-------|---------------|-----------------------|--|
| PN | AG | JP 06-268289    | 9/22/94 | Japan   |       |               | Abst                  |  |
| ↓  | AH | JP 07-099358    | 4/11/95 | Japan   |       |               | Abst                  |  |
|    | AI | JP 04-259275    | 9/14/92 | Japan   |       |               | Abst                  |  |
|    | AJ |                 |         |         |       |               |                       |  |
|    | AK |                 |         |         |       |               |                       |  |
|    | AL |                 |         |         |       |               |                       |  |

## OTHER REFERENCES (Including Author, Title, Date, Pertinent Pages, Etc.)

|  |    |  |
|--|----|--|
|  | AM |  |
|  | AN |  |

|   |                            |
|---|----------------------------|
| EXAMINER<br>   | DATE CONSIDERED<br>5/25/05 |
| *EXAMINER: Initial if reference considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609; Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant. |                            |



|                                   |                                       |   |             |
|-----------------------------------|---------------------------------------|---|-------------|
| <b>Notice of References Cited</b> | Application/Control No.<br>08/973,424 | Applicant(s)/Patent Under<br>Reexamination<br>IEHISA ET AL. |             |
|                                   | Examiner<br>Phillip Nguyen            | Art Unit<br>2828  | Page 1 of 1 |

**U.S. PATENT DOCUMENTS**

| * |   | Document Number<br>Country Code-Number-Kind Code | Date<br>MM-YYYY | Name           | Classification |
|---|---|--|-----------------|----------------|----------------|
|   | A | US-4,791,631                                     | 12-1988         | Baumert et al. | 372/22         |
|   | B | US-  |                 |                |                |
|   | C | US-  |                 |                |                |
|   | D | US-  |                 |                |                |
|   | E | US-  |                 |                |                |
|   | F | US-  |                 |                |                |
|   | G | US-  |                 |                |                |
|   | H | US-  |                 |                |                |
|   | I | US-  |                 |                |                |
|   | J | US-  |                 |                |                |
|   | K | US-  |                 |                |                |
|   | L | US-  |                 |                |                |
|   | M | US-  |                 |                |                |

**FOREIGN PATENT DOCUMENTS**

| * |   | Document Number<br>Country Code-Number-Kind Code | Date<br>MM-YYYY | Country | Name                        | Classification              |
|---|---|--|-----------------|---------|-----------------------------|-----------------------------|
|   | N | JP 04-259275                                     | 09-1992         | Japan   | <u>                    </u> | <u>                    </u> |
|   | O |  |                 |         |                             |                             |
|   | P |  |                 |         |                             |                             |
|   | Q |  |                 |         |                             |                             |
|   | R |  |                 |         |                             |                             |
|   | S |  |                 |         |                             |                             |
|   | T |  |                 |         |                             |                             |

**NON-PATENT DOCUMENTS**

| * |   | Include as applicable: Author, Title Date, Publisher, Edition or Volume, Pertinent Pages) |
|---|---|---|
|   | U |   |
|   | V |   |
|   | W |   |
|   | X |   |

\*A copy of this reference is not being furnished with this Office action. (See MPEP § 707.05(a).)  
Dates in MM-YYYY format are publication dates. Classifications may be US or foreign.

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-259275

(43)Date of publication of application : 14.09.1992

(51)Int.Cl.

H01S 3/08  
H01S 3/081

(21)Application number : 03-020228

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 14.02.1991

(72)Inventor : IWASAKI SHINJI  
SHINDO YOSHIHIKO  
KASAI TAKESHI

## (54) SLAB TYPE SOLID STATE LASER DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To extract an output laser flux having a small sectional ratio of vertical and lateral sides which may be focused to a small spot by extracting an oscillation laser beam flux having a rectangular sectional view after converting such beam flux into that having a small sectional ratio by providing a sectional-view converting means within a laser resonant system.

**CONSTITUTION:** A laser resonant system is composed of a laser medium 10, a total reflection mirror and a partial reflection mirror 30. A pair of a cylindrical convex lens 41 and a cylindrical concave lens 42 are comprised as a sectional-view converting means 40 in this laser resonant system with an interval between the focal distances  $f_1$ ,  $f_2$  of these lenses. The oscillation laser beam flux  $B$  passing the laser medium 10 is converted to a laser beam flux  $B_c$  reducing the width  $w$  of the sectional shape  $S$  while keeping the parallelism and an output laser beam flux  $B_o$  having a small sectional ratio is extracted from the partial reflection mirror 30. Thereby, an output laser beam flux of the sectional shape having small sectional ratio can be extracted from a slab type solid state laser device so that the light beam can be condensed to a high intensity small spot.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-259275

(43) 公開日 平成4年(1992)9月14日

| (51) Int. Cl. <sup>3</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号  | F I          | 技術表示箇所 |
|----------------------------|------|---------|--------------|--------|
| H 0 1 S 3/08               |      | 7630-4M |              |        |
| 3/081                      |      | 7630-4M | H 0 1 S 3/08 | Z      |

審査請求 未請求 請求項の数7 (全 7 頁)

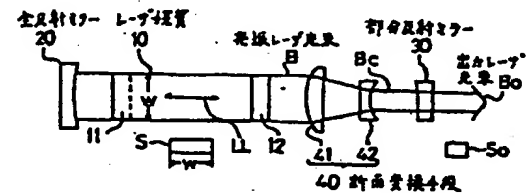
|           |                 |          |   |
|-----------|-----------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願平3-20228      | (71) 出願人 | 000005234<br>富士電機株式会社<br>神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 |
| (22) 出願日  | 平成3年(1991)2月14日 | (72) 発明者 | 岩崎 慎司<br>神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号<br>富士電機株式会社内    |
|           |                 | (72) 発明者 | 新藤 越彦<br>神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号<br>富士電機株式会社内    |
|           |                 | (72) 発明者 | 葛西 彪<br>神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号<br>富士電機株式会社内     |
|           |                 | (74) 代理人 | 弁理士 山口 巖                                    |

(54) 【発明の名称】 スラブ形固体レーザー装置

(57) 【要約】

【目的】 偏平な矩形断面のレーザー媒質を用いるスラブ形固体レーザー装置からレーザー加工等に適する高レーザー光強度の小スポットに集光できるような縦横の断面比が小さな出力レーザー光束を取り出す。

【構成】 レーザ共振系内に断面変換手段を組み込んで矩形断面の発振レーザー光束を小断面比の光束に変換した上で取り出し、あるいはレーザー共振系内に中間反射手段を組み込み、または不安定共振系を構成して小断面比の断面形状で発振させたレーザー光束を取り出す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 偏平な矩形断面をもつスラブ形の固体レーザ媒質とこれを挟む全反射ミラーおよび部分反射ミラーとを含むレーザ共振系内に発振レーザ光束の平行性を保全する条件でレーザ媒質を通過する発振レーザ光束の矩形断面形状の断面比を小さくする光学的な断面変換手段を組み込み、部分反射ミラーを通してレーザ媒質の矩形断面形状よりも断面比の小さな断面形状の出力レーザ光束を取り出すようにしたことを特徴とするスラブ形固体レーザ装置。

【請求項2】 請求項1に記載の装置において、光学的な断面変換手段が焦点を共有するように配設された凸および凹なシリンドリカルレンズからなることを特徴とするスラブ形固体レーザ装置。

【請求項3】 請求項1に記載の装置において、光学的な断面変換手段としてプリズムを用いることを特徴とするスラブ形固体レーザ装置。

【請求項4】 偏平な矩形断面をもつスラブ形の固体レーザ媒質とこれを挟む全反射ミラーおよび部分反射ミラーとを含むレーザ共振系内にレーザ媒質の矩形断面形状よりも断面比の小さな断面形状の発振レーザ光束を反射してレーザ媒質内にその矩形断面の偏平方向に順次ずらした位置を通過させる中間反射手段を配設し、部分反射ミラーを通してレーザ媒質の矩形断面形状よりも断面比の小さな断面形状をもつ出力レーザ光束を取り出すようにしたことを特徴とするスラブ形固体レーザ装置。

【請求項5】 請求項4に記載の装置において、中間反射手段がレーザ光束を全反射する直角プリズムであることを特徴とするスラブ形固体レーザ装置。

【請求項6】 請求項4に記載の装置において、中間反射手段が複数の全反射ミラーであることを特徴とするスラブ形固体レーザ装置。

【請求項7】 偏平な矩形断面をもつスラブ形の固体レーザ媒質の一方の端面側に凹な一方の全反射ミラーを、他方の端面側にレーザ媒質の矩形断面形状より断面比の小さな断面形状の発振レーザ光束を反射する凸かつシリンドリカルな他方の全反射ミラーをそれぞれ配設し、一方の全反射ミラーによって反射された発振レーザ光束の一部をレーザ媒質の他方の端面側からレーザ媒質の矩形断面の形状より断面比の小さな断面形状の出力レーザ光束として取り出すようにしたことを特徴とするスラブ形固体レーザ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は偏平な矩形断面をもつスラブ形の固体レーザ媒質を用いた大出力レーザ発振に適するスラブ形固体レーザ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 上述の偏平な矩形断面をもつスラブ形レーザ媒質を用いる固体レーザ装置は、ロッド形に比べて

レーザ媒質の冷却が容易なのでオプティカルダメージの発生が少なく、レーザ媒質内でレーザ光を1対の端面間に全反射させながら進行させるので熱レンズ効果が少ない利点があり、とくに大出力レーザ発振に適している。よく知られていることではあるが、以下かかるスラブ形固体レーザ装置の構成の概要を図8を参照して簡単に説明する。

【0003】 図8には同図(a)に装置の上面が、同図(b)に側面がそれぞれ示されている。スラブ形のレーザ媒質10は同図(a)のように広い幅と同図(b)のように薄い厚みをもつ偏平な矩形断面を有し、その1対の端面11と12は斜面に形成されている。図8(b)に示すように光源1からの励起光LLはその広い1対の端面13と14に与えられ、これにより発生するレーザ光Lはこれらの端面13と14によって全反射されながらレーザ媒質10内をジグザグ状に進行する。通例のように端面11と12にそれぞれ対向して全反射ミラー20と部分反射ミラー30とが配設されてレーザ媒質10とともにレーザ共振系を構成し、この系内で発振されるレーザ光LLの光束Bは部分反射ミラー30側から出力レーザ光束Boとして取り出される。なお、レーザ媒質10と光源1は図示しない密閉容器内に収納され、その内部に満たされた冷却媒体を流通させることによりレーザ媒質10を主に端面13と14から強力に冷却する。その1対の側面15と16にはふつう熱絶縁が施される。

【0004】 かかるスラブ形固体レーザ装置でもレーザ媒質10中の温度分布による熱レンズ効果が発生するが、レーザ光LLがレーザ媒質10内をジグザグ状に進行するためにこの効果が平均化されて発振レーザ光束Bの収束性が良好になり、高い発振効率を得られる。また、レーザ媒質10を強力に冷却した条件では、その長さsを、幅をw、厚みをtとすると最大許容入力 $I_L(w/t)$ に比例するので、レーザ媒質10の断面比 $w/t$ を大、すなわち偏平な断面形状とすることにより励起光LLの入力を増して大レーザ出力を取り出すことができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上述のようにスラブ形固体レーザ装置は大レーザ出力が高発振効率で得られる特長があるが、図8(b)に示すようにその出力レーザ光束Boの断面Soがスラブ形のレーザ媒質10と同じ偏平な矩形形状でその断面比が2～5程度なので、これを例えばレーザ加工に適用する際に出力レーザ光束Boをレンズ等によりできるだけ高いレーザ光強度のスポットに集光しようとすると、スポット形状が円形にならないため大レーザ出力のわりには集光強度が高まらない問題がある。

【0006】 このため、シリンドリカルなレンズやミラー等の光学的手段により出力レーザ光束Boの断面Soの幅wを縮小してその断面形状を正方形にした上で集光することも可能であるが、一般にレーザ光束の断面の幅wとビーム径が角 $\theta$ との間にはそれらの積 $w\theta$ が保存され

る傾向があるので、ビーム径が角 $\theta$ が元の矩形断面の光束で数mrad程度と良好であっても変換後の正方断面の光束では10mradを越えてしまってレンズによる集光効率があり上がらなくなり、集光強度を思うように高めるのは困難である。

【0007】本発明の目的はかかる問題点を解消して、スラブ形固体レーザ装置の大レーザ出力でかつ高発振効率である本来の利点を保存しながら、レーザ加工等に際して高強度の小スポットに集光できるようスラブ形固体レーザ装置から断面比が小な断面形状で出力レーザ光束を取り出すことにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】この目的は本件の第1発明によれば、偏平矩形断面の固体レーザ媒質と全反射ミラーと部分反射ミラーとを含むレーザ共振系内に、発振レーザ光束の平行性を保全しつつレーザ媒質を通過する発振レーザ光束の矩形断面形状の断面比を縮小させる光学的な断面変換手段を組み込み、第2発明によれば、レーザ共振系内にレーザ媒質の矩形断面形状より小断面比の断面形状の発振レーザ光束を反射してレーザ媒質内にその矩形断面の偏平な幅方向に順次にずらせた位置を通過させる中間反射手段を配設した上で、いずれの発明においても部分反射ミラーを通してレーザ媒質の矩形断面形状よりも断面比の小な断面形状の出力レーザ光束を取り出すことにより達成される。

【0009】なお、上記の第1発明では光学的な断面変換手段として互いに焦点を共有するように配設された凸および凹なシリンドリカルレンズの対や複数のプリズムを用いるのが有利であり、また第2発明では中間反射手段として発振レーザ光束を全反射する直角プリズムや全反射ミラー対を用いるのが有利である。

【0010】また、本件の第3発明では、偏平矩形断面の固体レーザ媒質の一方の端面側に凹な一方の全反射ミラーを、他方の端面側にレーザ媒質の矩形断面形状より小な断面比の断面形状の発振レーザ光束を反射する凸かつシリンドリカルな他方の全反射ミラーをそれぞれ配設して不安定共振系を構成し、一方の全反射ミラーによって反射された発振レーザ光束の一部をレーザ媒質の他方の端面側からレーザ媒質の矩形断面形状より断面比の小な断面形状の出力レーザ光束として取り出すことにより前述の目的が達成される。

【0011】なお、この第3発明では出力レーザ光束をレーザ媒質の他方の端面側から直接に取り出すのが通常であるが、場合によっては部分反射ミラーを介して取り出すようにしてもよい。また、他方の全反射ミラーのサイズを小さく設定することにより2個の出力レーザ光束を同時に取り出すことが可能である。

【0012】以上の第1から第3までのいずれの発明においても、断面比とはレーザ光束の断面形状の幅 $w$ と厚み $t$ の比  $w/t$ を意味するものとする。

【0013】

【作用】前述のように出力レーザ光束の矩形断面形状の断面比を光学的手段により縮小したのではビーム径が角が拡大して高強度スポットに集光する上で不利になるので、第1発明ではレーザ共振系内で断面比が大な発振レーザ光束を断面比が小な光束に変換し、第2および第3発明では断面比が小な断面形状のレーザ光束の形でレーザ共振系内で発振させて、それぞれ出力レーザ光束として取り出すことにより、いずれの発明でも断面比が小な出力レーザ光束をビーム径が角が小なままの状態に取り出して、直ちにレンズ等により従来よりレーザ光強度がずっと高いスポットに集光できるようにしたものである。

【0014】

【実施例】以下、図を参照しながら本発明の実施例を説明する。図1と図2が第1発明、図3～図5が第2発明、図6と図7が第3発明の実施例の構成をいずれも上面図によってそれぞれ示すもので、前に説明した図8と同じ部分に同じ符号が付けられており、いずれの実施例でも図8(b)に示すようにレーザ光LLがスラブ形レーザ媒質10内ではジグザグ状に進行し、このレーザ媒質10の端面11と12は斜面に形成されているものとする。

【0015】図1に示す第1発明の第1実施例では、レーザ媒質10と全反射ミラー20と部分反射ミラー30からなるレーザ共振系に断面変換手段40として凸なシリンドリカルレンズ41と凹なシリンドリカルレンズ42の対を、両者の焦点距離を $f_1$ と $f_2$ として焦点を共有するように $f_1=f_2$ の相互間距離を隔てて組み込むことにより、レーザ媒質10を通る発振レーザ光束Bを平行性を保全したまま断面形状Sの幅 $w$ を縮小した変換レーザ光束Bcに変換し、部分反射ミラー30から図では断面形状Soで示すように断面比が小な出力レーザ光束Boとして取り出す。

【0016】この第1発明では、レーザ媒質10を通る発振レーザ光束Bが全反射ミラー20にはそのまま当たるが、部分反射ミラー30には変換レーザ光束Bcに変換された後に当たる点が図8と異なるだけで、レーザ光LLが両ミラー20と30間のレーザ共振系内で発振される点は何ら変わらず、このこの発振状態にある限りレーザ共振系内の変換レーザ光束Bcはもちろん小さなビーム径が角をもつので、これを部分反射ミラーを介して取り出した出力レーザ光束Boも変換レーザ光束Bcそのままの小さなビーム径が角を有する。

【0017】またこの図1の第1実施例では、発振レーザ光束Bの断面形状Sの幅 $w$ の断面変換手段40による縮小率は容易にわかるようにその1対のシリンドリカルレンズ41と42の焦点距離の比 $f_2/f_1$ により簡単に設定できる。しかし、この実施例では両レンズ41と42が凸および凹な曲面をもつので光学的な収差が必ずあり、これにより出力レーザ光束Boの上述のビーム径が角が低下するおそれはないが、収差が比較的大きい場合や断面変換手

段40の光軸合わせに誤差がある場合に発振効率が若干低下することがあり得る。

【0018】図2に示す第1発明の第2実施例では、断面変換手段40を例えば図示のように2個のプリズム43と44を組み合わせて構成することにより上述の曲面収差が発生しないようにする。各プリズム43と44によるレーザ光束の幅の縮小率は主にその頂角により設定され、ふつうは2個のプリズムを組み合わせることにより充分な縮小率が得られる。レーザ媒質10と部分反射ミラー30の光軸合わせ等はプリズムの配置角度により微調整される。プリズムの屈折面は精密に平面仕上げができるので、この実施例では光学的な収差によるレーザ光LLの損失は発生せず、レーザ発振効率が第1実施例よりも向上する。

【0019】この第2実施例においても、発振レーザ光束Bは断面変換手段40により平行性を保ったまま変換レーザ光束Bcに変換され、小さなビーム径が角の出力レーザ光束Boとして取り出される。

【0020】図3に第2発明の第1実施例を示す。第2発明ではレーザ共振系内に中間反射手段を組み込んでレーザ光LLをレーザ媒質10より小さな断面の光束で発振させるが、この第1実施例では中間反射手段51として直角プリズムを用い、発振レーザ光束Bの幅をレーザ媒質10の幅wの半分にする。このため、図示のようにレーザ媒質10の端面11に対向して反射レーザ光束Bを全反射する直角プリズム51を配置し、もう一方の端面12に対向して第1発明の場合より幅が狭い発振レーザ光束Bを受ける全反射ミラー21と部分反射ミラー31とを配置してレーザ媒質10とともにレーザ共振系を構成させる。

【0021】容易にわかるように、全反射ミラー21で反射された発振レーザ光束Bはレーザ媒質10の図の上半分を通過した後直角プリズム51により反射されてレーザ媒質10の下半分を経由して部分反射ミラー22に入射し、それにより反射された後は逆の経路を通過して全反射ミラー21に戻る。従って、発振レーザ光束Bがレーザ共振系のこれら両ミラー21と22間で発振され、それと同じ小さなビーム径が角の出力レーザ光束Boを部分反射ミラー22からこの第1実施例ではレーザ媒質10の半分の幅w/2をもつ断面形状で取り出すことができる。

【0022】なお、この第1実施例では全反射ミラー21の下側の端面21aを図のように鋭角に形成するのが、レーザ媒質10がもつ幅w全体を利用して発振レーザ光束Bを発振させる上で望ましい。

【0023】図4の第2発明の第2実施例では、中間反射手段52として1対の全反射ミラーを用いる。この実施例ではレーザ媒質10の左右の端面11と12にそれぞれ対向してレーザ共振系を構成する全反射ミラー21と部分反射ミラー22とをまず図のように段違いに配置し、中間反射手段用の小さな2個の全反射ミラー52をレーザ媒質10の端面11と12側とに振り分け、かつ全反射ミラー21と部分反射ミラー22とレーザ媒質10を介してそれぞれ対向する

位置に図示のように僅かに内側に向けて傾けた姿勢で配置する。

【0024】この第2実施例でもレーザ共振系内の発振レーザ光束Bはレーザ媒質10の半分の幅をもち、図示のようにこの発振レーザ光束Bは全反射ミラー21で反射された後にレーザ媒質10の下半分を通過して中間反射手段用の右側の小ミラー52に至り、これにより斜め方向に反射されてレーザ媒質10の中央部付近を斜めに通った後に左側の小ミラー52に至り、さらにこれにより反射されてレーザ媒質10の上半分を通過した後に部分反射ミラー31に達する経路、およびその逆経路を辿ってレーザ共振系内で発振される。出力レーザ光束Boはもちろん部分反射ミラー31を介してこの発振レーザ光束Bと同じ幅の断面形状で取り出される。

【0025】この第2実施例における中間反射手段用の小ミラー52は平面でよいが、全反射ミラー21等と同様に僅かな凹面に形成するのが有利である。また、その端面52aに鋭角を付けるのがレーザ媒質10の幅全体を有効利用する上で望ましい。

【0026】図5に示す第3実施例は中間反射手段52に2対の小さな全反射ミラーを用いるもので、図から容易にわかるように発振レーザ光束Bはレーザ媒質10の3分の1の幅の断面形状で発振され、出力レーザ光束Boがこれと同じ断面形状で部分反射ミラー31から取り出される。

【0027】以上からわかるように、この第3発明では発振レーザ光束Bを中間反射手段51や52により反射させてレーザ媒質10内にその矩形断面の偏平方向に順次ずらせた位置を通過させることにより、レーザ媒質10の矩形断面形状より断面比の小さな断面形状で発振させて出力レーザ光束Boとして取り出すことができる。より正確には、中間反射手段として例えばn個の全反射用の直角プリズムやn対の全反射ミラーを用いることにより、発振レーザ光Bをレーザ媒質10内を中間反射手段がプリズムの場合はn+1回、ミラーの場合は2n+1回それぞれ通過させてレーザ媒質10のn+1分の1の幅で発振させて出力レーザ光束Boとして取り出すことができる。この出力レーザ光束Boはもちろんレーザ共振系内の発振レーザ光束Bと同じ狭いビーム径が角を有する。

【0028】図6に第3発明の第1実施例を示す。この第3発明ではレーザ共振系が不安定共振系に構成される。このため、図のようにレーザ媒質10の一方の端面11側には凹な一方の全反射ミラー22を、他方の端面12側にはレーザ媒質10の矩形断面より断面比の小さな断面形状の発振レーザ光束Bを反射する凸でかつシリンドリカルな他方の全反射ミラー32をそれぞれ配設して、レーザ媒質10および2個の全反射ミラー22と32によりこの不安定共振系を構成する。また、この不安定共振条件を満たすよう図6の実施例では一方の全反射ミラー22の曲率半径R1と他方の全反射ミラー32の曲率半径R2がR1/R2=2の関

係を満たすように設定され、かつ両ミラー22と32とが $(R_1 - R_2)/2$ の相互間隔を隔てて配置される。もちろん、これに限らず両全反射ミラー22と32の曲率半径と相互間隔には不安定共振条件を満たすように種々な設定が可能である。

【0029】この不安定共振系内で発振される発振レーザ光束Bは図のように一方の全反射ミラー22により反射される光束であって、その一部、図の例では半分に相当する部分光束Bpが他方の全反射ミラー32に与えられて、それにより全反射ミラー22の全面に向けて反射され、一方の全反射ミラーにより反射される発振レーザ光束Bの残余の部分、この例では半部分がレーザ媒質10の他方の端面12側から出力レーザ光束Boとして取り出される。従って、この第1実施例ではレーザ媒質10の半分の幅 $w/2$ の断面形状で出力レーザ光束Boが取り出されるが、他方の全反射ミラー32の大きさの選択ないしはその配置位置の微調整により発振レーザ光束B内の任意の部分を出力レーザ光束Boとして取り出すことができる。

【0030】なお、この図6の実施例では、発振レーザ光束B内の図では上縁のレーザ光が一方の全反射ミラー22の曲面および他方の全反射ミラー32の曲面のいずれにも図のように直角方向に当たるように、これらの全反射ミラー22と32を僅かに傾けた姿勢で配置するのが望ましい。また、第3発明でも他方の全反射ミラー32の下側の端32を鋭角に形成するのが望ましい。さらには、出力レーザ光束Boの取り出し経路内に図で破線で示した部分反射31を設けてもよい。

【0031】図7に示す第3発明の第2実施例では、出力レーザ光束Boが2箇所から同時に取り出される。このため、レーザ媒質10の一方の端面11に対向して一方の全反射ミラー22が配置されるのは図6と同じであるが、他方の端面12に対向する他方の全反射ミラー32の方には前よりやや小な、この例ではレーザ媒質10の幅の半分のものを用いてこれを端面12の中央部に対向するように配置する。両全反射ミラー22と32の曲率半径は相互間隔は前実施例と同様に不安定共振条件を満たすように適宜に設定される。また、この実施例では両全反射ミラー22と32はレーザ媒質10の中央を通るレーザ光LLが図示のようにそれらの曲面に直角に当たるように配置姿勢が微調整される。

【0032】上のようにより一方および他方の全反射ミラー22および32が配置された場合、発振レーザ光束Bはレーザ媒質10の上半分と下半分に対して対称的に発振される。例えば、上半分の発振レーザ光束Bは一方の全反射ミラー22の上半分により反射されてその一部が他方の全反射ミラー32の上半分に与えられて、それにより一方の全反射ミラー22の上半分の全体に向けて反射され、上半分の発振レーザ光束Bの残余部が上側の出力レーザ光束Boとして取り出される。もちろん下半分の発振レーザ光束Bと下側の出力レーザ光束Boについても同様である。

【0033】従って、この第2実施例では上側と下側の出力レーザ光束Boは同じ断面形状で取り出され、他方の全反射ミラー32の大きさがレーザ媒質10の幅の半分であるとするときレーザ媒質10の4分の1の幅の断面形状をもつ2個の出力レーザ光束Boが並列に取り出される。また容易にわかるように、両全反射ミラー22と32の配置をレーザ媒質10に対して例えば図の下側にずらすと上側の出力レーザ光束Boの幅の方が下側よりも大きくなるから、この第2実施例では互いに異なる断面形状の2個の出力レーザ光束Boを取り出すことも可能である。さらには、これら2個の出力レーザ光束Boの断面形状が同じ場合でも、レーザ媒質10の幅に対する他方の全反射ミラー32の大きさを適宜に設定することにより、それらに所望の幅つり断面形状を持たせることができる。

【0034】以上説明した第3発明では、レーザ共振系の第1および第2発明における安定共振条件が不安定共振条件になるだけで共振状態で発振される発振レーザ光束Bのビーム拡がり角に大差はないので、同様に狭いビーム拡がり角を有する良質な出力レーザ光束Boを取り出すことができる。

【0035】なお、第1発明から第3発明までのいずれについても、以上説明した実施例はあくまで例示であって、これらに限らず種々ないしは変形された態様で各発明の要旨内で適宜に実施をすることができる。

#### 【0036】

【発明の効果】以上説明したとおり、偏平な矩形断面の固体レーザ媒質と全反射ミラーと部分反射ミラーとを含むレーザ共振系内に、第1発明では、発振レーザ光束の平行性を保全しながらレーザ媒質を通過する発振レーザ光束の矩形断面形状の断面比を縮小させる光学的な断面変換手段を組み込み、第2発明では、レーザ媒質の矩形断面形状より小な断面比の断面形状の発振レーザ光束を反射してレーザ媒質内にその矩形断面の偏平な幅方向に順次にずらせた位置を通過させる中間反射手段をを組み込み、いずれの場合も部分反射ミラーを通して出力レーザ光束を取り出すことにより、また第3発明では偏平矩形断面の固体レーザ媒質の一方の端面側に凹な一方の全反射ミラーを、他方の端面側にレーザ媒質の矩形断面形状より小な断面比の断面形状の発振レーザ光束を反射する凸でかつシリンドリカルな他方の全反射ミラーをそれぞれ配設して不安定共振系を構成し、一方の全反射ミラーにより反射された発振レーザ光束の一部をレーザ媒質の他方の端面から出力レーザ光束として取り出すことにより、次の効果を得ることができる。

【0037】(a) 第1発明ではレーザ共振系内で発振レーザ光束を小断面比の光束に変換し第2および第3発明ではレーザ共振系内で小な断面比のレーザ光束を発振させ、いずれの場合も小な断面比の出力レーザ光束を狭いビーム拡がり角で取り出して従来よりレーザ光強度が格段に高いスポットに集光することができる。

【0038】(b) 第1発明では断面変換手段により発振レーザ光束の断面幅を縮小する比率を任意に設定することができるので、正方形断面を含めて出力レーザ光束を所望の断面比をもつ断面形状で容易に取り出し得る効果が得られる。

【0039】(c) 第2発明ではレーザ共振系内にごく簡単な形状の中間反射手段を組み込むだけでよく、それ用の直角プリズムの個数や全反射ミラー対の個数の選択によりレーザ媒質の矩形断面形状を該数分の1に分割した断面形状の出力レーザ光束を取り出すことができ、かつ高い発振効率を達成するためのレーザ共振系の調整が容易でしかも狂いが少ない利点を有する。

【0040】(d) 第3発明では不安定共振系を構成する一方の全反射ミラーに対する他方の全反射ミラーの位置を微調整することにより、出力レーザ光束の幅を使用中でも随時に変換できる効果が得られる。また、必要に応じて2個の出力レーザ光束を並列に取り出すことができる。

【0041】なお、いずれの場合にもスラブ形固体レーザ装置の高発振効率で大レーザ出力である本来の利点はなんら損なうことなく維持される。本件発明はレーザ加工用の固体レーザ装置にとくに適し、小さく絞られた強力なレーザ光スポットで加工することにより加工の精度と速度を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のスラブ形固体レーザ装置の第1実施例の構成図である。

【図2】第1発明の第2実施例の構成図である。

【図3】第2発明の第1実施例の構成図である。

【図4】第2発明の第2実施例の構成図である。

【図5】第2発明の第3実施例の構成図である。

【図6】第3発明の第1実施例の構成図である。

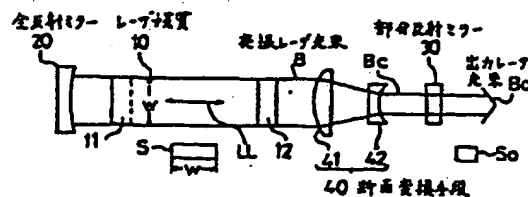
【図7】第3発明の第2実施例の構成図である。

【図8】従来技術によるスラブ形固体レーザ装置の構成図であり、同図(a)は上面図、同図(b)は側面図である。

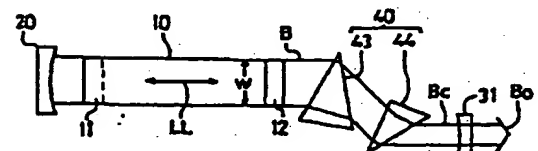
【符号の説明】

- |    |                         |
|----|-------------------------|
| 10 | レーザ媒質                   |
| 11 | レーザ媒質の一方の端面             |
| 12 | レーザ媒質の他方の端面             |
| 20 | 全反射ミラー                  |
| 21 | 全反射ミラー                  |
| 22 | 一方の全反射ミラー               |
| 30 | 部分反射ミラー                 |
| 31 | 部分反射ミラー                 |
| 32 | 他方の全反射ミラー               |
| 40 | 断面変換手段                  |
| 41 | 断面変換手段を構成する凸なシリンドリカルレンズ |
| 42 | 断面変換手段を構成する凹なシリンドリカルレンズ |
| 43 | 断面変換手段としてのプリズム          |
| 44 | 断面変換手段としてのプリズム          |
| 51 | 中間反射手段としての直角プリズム        |
| 52 | 中間反射手段としての全反射ミラー        |
| B  | 発振レーザ光束                 |
| Bo | 出力レーザ光束                 |

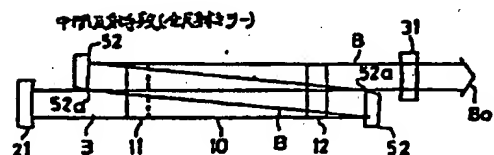
【図1】



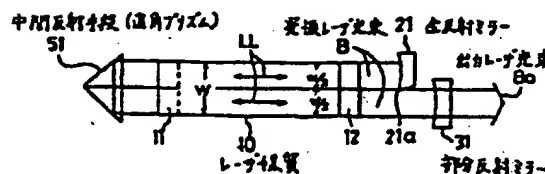
【図2】



【図4】

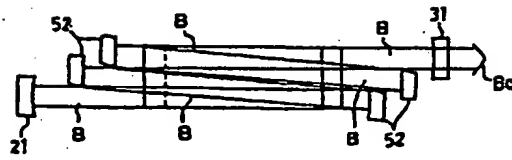


【図3】

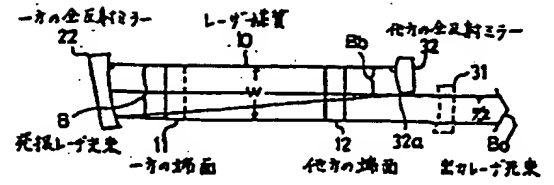




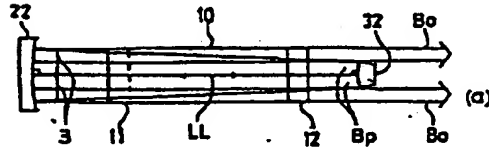
【図5】



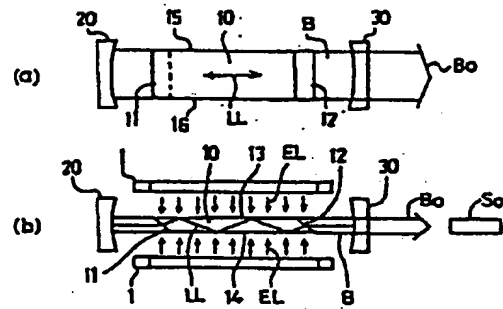
【図6】



【図7】



【図8】



Organization TC2800 Bldg./Room Jeff

U. S. DEPARTMENT OF COMMERCE

COMMISSIONER FOR PATENTS

P.O. BOX 1450

ALEXANDRIA, VA 22313-1450

IF UNDELIVERABLE RETURN IN TEN DAYS

OFFICIAL BUSINESS

AN EQUAL OPPORTUNITY EMPLOYER



02 1A  
0004204055 JUN 02 2005  
MAILED FROM ZIP CODE 22314

